

Docket No. 87305.0024



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Heinz STEIN et al.

Serial No.: 09/625,200

Filed: July 21, 2000

)
)
)
) Group Art Unit: 1763
)
) Examiner: Parviz Hassanzadeh

For: DEVICE TO GENERATE EXCITED/IONIZED PARTICLES IN A PLASMA

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

✓ #13
9/16/02
MW

CLAIM FOR PRIORITY

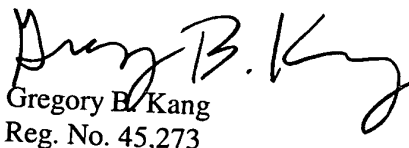
Sir:

Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicant(s) hereby claim the benefit of the filing date of German Patent No. 198 47 848.8, filed October 16, 1998, for the above identified United States Patent Application.

In support of Applicant(s) claim for priority, filed herewith is one certified copy of the above.

Respectfully submitted,

BAKER & HOSTETLER LLP


Gregory B. Kang
Reg. No. 45,273

Date: September 10, 2002

Washington Square, Suite 1100
1050 Connecticut Avenue, N.W.

Washington, D.C. 20036

Phone: (202) 861-1500

Fax: (202) 861-1783

RECEIVED

SEP 13 2002

TC 1700



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 198 47 848.8

Anmeldetag: 16. Oktober 1998

Anmelder/Inhaber: R³T GmbH Rapid Reactive Radicals Technology,
München/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zur Erzeugung angeregter/ionisierter
Teilchen in einem Plasma

IPC: H 05 H, H 01 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. Juni 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

RECEIVED
SEP 13 2002
TC 1700

Vorrichtung zur Erzeugung angeregter/ionisierter Teilchen in einem Plasma

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung angeregter bzw. ionisierter Teilchen in einem Plasma.

Integrierte Schaltkreise, insbesondere Speicherbausteine oder
10 Mikroprozessoren, werden mit einer Vielzahl von Prozeßschritten hergestellt. Die Herstellungskosten dieser Schaltkreise werden dabei durch die Prozeßkomplexität und die physikalische Bearbeitungszeit bestimmt. Hochkomplexe Bausteine erfordern häufig mehrere hundert einzelne Prozeßschritte und eine
15 Vielzahl von Tagen für den Prozessdurchlauf des Produkts.

Ein Teil der Prozeßschritte muß dabei für das gezielte Aufbringen und die gezielte Entfernung von Material auf bzw. von der Halbleiteroberfläche eingesetzt werden. Die dazu verwendeten Ätz- bzw. Abscheidetechniken sind, neben der Lithographie und der Dotiertechnik, grundlegende Prozesse, die in der Prozeßfolge zur Herstellung von hochintegrierten Schaltungen auf Halbleitersubstraten immer wieder verwendet werden (vgl.
20 allgemein "Technologie hochintegrierter Schaltungen", D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, Springer-Verlag 1988, insbesondere Abschnitte 3.1.1 und 5.2.2-4).

Ein wichtiges Verfahren zur Abscheidung von Material auf eine Halbleiteroberfläche ist die sogenannte chemische Gasphasenabscheidung, auch CVD-Verfahren (chemical vapor deposition)
30 genannt. Dabei werden ausgewählte Prozeßgase über die aufgeheizten Halbleitersubstrate geleitet, auf denen die gewünschte Schicht abgeschieden werden soll. Auf der heißen Substanzoberfläche kommt es zu der Reaktion der Prozeßgase, so daß
35 als Reaktionsprodukte zum einen die gewünschte Schicht zum

anderen Reaktionsgase entstehen, die aus dem Reaktor abgeführt werden. Es kann nun aus vielerlei Gründen unerwünscht sein, das Halbleitersubstrat auf die für den Ablauf der chemischen Reaktion notwendige, hohe Temperatur zu erhitzen. Daher ist es heute vielfach üblich, die Anregung der Ausgangsreaktionsgase zu dissoziierten, reaktionsfähigen Bestandteilen und die Auslösung der Abscheidereaktion nicht primär durch eine Erhöhung der Temperatur des Halbleitersubstrats vorzunehmen, sondern durch ein Plasma oder durch energiereiche Strahlung.

Zur Herstellung einer integrierten Schaltung ist es jedoch nicht ausreichend, Materialschichten auf ein Halbleitersubstrat nur aufzubringen. Zur Erzeugung der gewünschten Strukturen, müssen Teile dieser Schichten wieder gezielt entfernt werden. Dazu können eine Reihe von Verfahren eingesetzt werden, wobei das chemische Trockenätzen sowie das chemisch-physikalische Trockenätzen die am häufigsten eingesetzten Verfahren sind. Beim chemischen Trockenätzen findet eine chemische Reaktion zwischen den Teilchen eines Gases und den Atomen der zu ätzenden Oberfläche statt. Beim chemisch-physikalischen Trockenätzen wird die chemische Reaktion zwischen den Teilchen eines Gases und den Atomen der zu ätzenden Oberfläche durch einen zusätzlichen Beschuß der zu ätzenden Oberfläche mit Ionen, Elektronen oder Photonen unterstützt. Wiederum kann es aus vielerlei Gründen unerwünscht sein, das Halbleitersubstrat auf die für den Ablauf der chemischen Reaktion notwendige, hohe Temperatur zu erhitzen. Daher ist es auch beim chemisch bzw. chemisch-physikalischen Trockenätzen üblich, die Anregung der Reaktionsgase zu dissoziierten, reaktionsfähigen Bestandteilen und die Auslösung der Ätzreaktion durch ein Plasma vorzunehmen.

Für die erfolgreiche Durchführung derartiger Ätz- und Abscheideprozesse kommt es darauf an, energiereiche und deshalb

reaktionsfähige neutrale Teilchen, insbesondere Radikale, mit ausreichend hohem Wirkungsgrad zu generieren. Die technische Lösung dieses Erfordernisses wird zunehmend gleichzeitig mit einer Erfüllung der weitergehenden Forderungen nach einer Verhinderung des Einflusses elektrischer Felder und geladener Teilchen auf das zu prozessierende Substrat und nach einem möglichst weiten Arbeitsdruckbereich für die Ätz- und Abscheideprozesse angestrebt.

Zur Generierung reaktionsfähiger neutraler Teilchen werden in Regel Hochfrequenz-Entladungen eingesetzt. Derartige System wurden beispielsweise von der Firma TYLAN/TOKUDA, USA hergestellt. Fig. 4, die dem Verkaufsprospekt "Model CDE-VIII Microwave Downstream Etching System", Specification # 840008, 1 April 1986 Revision 2 der Firma TYLAN/TOKUDA, entnommen ist, zeigt schematisch ein bekanntes, handelsübliches Downstream-Ätzsystem mit Mikrowellenanregung.

In Fig. 4 ist ein Mikrowellengenerator 1 gezeigt, der Mikrowellen erzeugt, die in ein Hohlleitersystem 2 eingekoppelt werden. Mit Hilfe einer Abstimmeinheit 4 und durch die Dimensionierung des Hohlleitersystems 2 bildet sich eine stehende Welle aus, durch die die Mikrowellenenergie an vorbestimmten Stellen des Hohlleitersystems 2 konzentriert wird. Die unabgestimmt reflektierte und nicht umgesetzte Energie muß irgendwo im Hohlleitersystem 2, beispielsweise im T-Stück 3 oder am Ende des Hohlleiters 2, absorbiert werden, was meistens mittels einer Wasserlast geschieht. Zum Generieren von Radikalen durch Mikrowellenenergie ist ein Plasmaentladungsrohr 5, das in Richtung des elektrischen Feldes der stehenden Welle ausgerichtet ist, durch das Hohlleitersystem 2 durchgeführt. Werden geeignete Prozeßgase dem Eingang 6 des Plasmaentladungsrohres 5 zugeführt und das Plasma gezündet, so entstehen, neben anderen, auch angeregte Neutralteilchen. Diese werden anschließend mittels einer Zuleitung 7, die etwa

1 m lang ist, zur Ätz-Reaktionskammer 8 transportiert. Damit gelangen angeregte neutrale Teilchen auf die Oberfläche von auf einem Drehtisch befestigten Substratscheiben 10, wo sie die gewünschten Ätzreaktionen auslösen. Die Reaktionskammer 8 wird mittels einer Pumpe 9 evakuiert und die flüchtigen Reaktionsprodukte werden abgesaugt.

Für einen reibungslosen Betrieb der Vorrichtung muß das Plasmaentladungsrohr aus einem Material gefertigt sein, das Mikrowellen kaum absorbiert und beständig gegen die im Plasma generierten, chemisch aggressiven Radikale ist. Dazu werden in der Regel Metalloxide oder Quarz verwendet. Diese Werkstoffe werden jedoch von reduzierenden Gasen, wie beispielsweise Wasserstoff, in der Plasmazone stark angegriffen, wodurch leitende Inseln in den Oberflächen dieser Werkstoffe entstehen können, was wiederum zu einer erhöhten Absorption der Mikrowellenenergie führt.

Problematisch bei dieser Art von Downstream-Ätzsystemen ist die Abstimmung der stehenden Welle. Die stehende Welle muß so abgestimmt werden, daß exakt ein Spannungsmaximum der Plasmaentladung zur Verfügung steht. Selbst geringe Fehl Abstimmung führen zu deutlichen Veränderungen der Prozeßparameter, was wiederum eine Überlastung des Mikrowellengenerators zur Folge haben kann. Mit aufwendigen und kostenintensiven Maßnahmen kann die Überlastung des Mikrowellengenerators zwar verhindert werden. Diese Maßnahmen verringern jedoch den Wirkungsgrad und führen darüber hinaus zu einer deutlich Vergrößerung der gesamten Vorrichtung. Bedingt durch die Größe der Vorrichtung können diese Systeme nur noch mit großem Aufwand in Halbleiterproduktionsanlagen integriert werden. Kommt es zu einem Austausch von Verschleißteilen, wie beispielsweise Mikrowellengenerator oder Plasmaentladungsrohr, so muß die gesamte Vorrichtung neu abgestimmt werden.

Trotz einer genauen Abstimmung wird jedoch ein erheblicher Teil der Energie nicht zur Anregung umgesetzt, sondern reflektiert und muß im Hohlleiter, meist in einer Wasserlast, absorbiert werden, um nicht den Mikrowellengenerator, beispielsweise ein Magnetron, zu beschädigen. Diese teilweise Umsetzung der zur Verfügung stehenden Mikrowellenenergie, erweist sich besonders im Lichte der oben bereits genannten Forderung nach einem weiten Arbeitsdruckbereich insofern als problematisch, als für die Halbleitertechnologie gerade auch der niedrige Druckbereich unterhalb etwa 13 , insbesondere unter $1,3$ Pa interessant und von Vorteil ist. Niedrige Drücke sind beispielsweise für oberflächenkontrollierte CVD-Prozesse zur Vermeidung von Abscheidungen mit unerwünschten Schichteigenschaften von Bedeutung. Auch bei Ätzprozessen sind eine hohe Ätzrate und die Verhinderung von Mikroload-Effekten, also einer von der Umgebung abhängigen lokalen Ätzrate, oft nur bei sehr niedrigen Drucken zu verwirklichen. Bereits im Druckbereich unter 13 Pa beginnen jedoch Zündschwierigkeiten bei der Plasmaentladung aufzutreten, da die Anregungsdichte und damit auch der Wirkungsgrad der Generierung zu sehr abnehmen.

Es ist zwar bekannt, das Plasma mit Hilfe des Einschließens in einem Magnetfeld, dessen Zyklotronfrequenz in Resonanz mit der Frequenz der Mikrowellen steht (ECR-Verfahren), auch im Druckbereich unter 13×10^{-2} Pa zu stabilisieren. Jedoch können selbst mit derartigen Verfahren angeregte Neutralteilchen nicht in ausreichender Zahl und Dichte zur Verfügung gestellt werden. Dies ist nicht überraschend angesichts der Tatsache, daß auch bei einem verbesserten ECR-Verfahren nur gut 30% der Mikrowellenenergie in der Entladung umgesetzt werden.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung bereitzustellen, die die genannten Nachteile des Standes der Technik vermeidet oder mindert. Insbesondere ist

es eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, die auch im Druckbereich unterhalb etwa 13 Pa einen genügend hohen Wirkungsgrad besitzt und eine ausreichende Menge an angeregten/ionisierten Teilchen zur Verfügung stellt.

5

Diese Aufgabe wird von der Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen, Ausgestaltungen und Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen der Beschreibung und den beiliegenden

10

Zeichnungen.

Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung zur Erzeugung angeregter und/oder ionisierter Teilchen in einem Plasma mit einem Generator zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle und

15

zumindest einer Plasmazone, in der die angeregten und/oder ionisierten Teilchen durch die elektromagnetische Welle gebildet werden, bereitgestellt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmazone im Innenraum eines Koaxialleiters für die elektromagnetische Welle

20

ausgebildet ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung benötigt im wesentlichen keine Abstimmung, da keine Resonanzbedingungen eingehalten werden müssen und keine stehende Welle mit einem Spannungsmaximum an einer bestimmten Stelle zur Plasmagenerierung vorhanden sein muß. Die Plasmazone ist an einer Stelle des Koaxialleiters angeordnet, an der sich normalerweise bei einem Koaxialleiter das Dielektrikum befindet. Das Plasma in der Plasmazone stellt somit ein „verlustreiches Dielektrikum“

25

dar, das in einem Ersatzschaltbild zusätzlich mit einem ohmschen Beiwert beschrieben wird. Die Energie der elektromagnetischen Welle wird daher direkt mit einem hohen Wirkungsgrad in ein hochdichtes Plasma umgesetzt. Durch die ohmsche Belastung erfährt die elektromagnetische Welle eine hohe Bedämpfung, so daß eine Abstimmung der Vorrichtung überflüssig ist.

30

35

Mit anderen Worten, die in der Plasmazone stattfindende Plasmaentladung bedämpft das System und macht es breitbandig.

5 Somit kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf komplizierte Abstimmeinheiten sowie eine zusätzliche Wasserlast verzichtet werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht daher eine sehr kleine und kompakte Bauweise, die sich leicht in die bestehenden Produktions- oder Laboranlagen integrieren läßt. Darüber hinaus ist die Wartung der erfindungsgemäßen Vorrichtung deutlich vereinfacht, wodurch sich
10 Wartungskosten einsparen lassen.

Der Koaxialleiter weist einen Innenleiter und einen Außenleiter auf. Da die Impedanz eines Koaxialleiters durch den Außendurchmesser des Innenleiters, den Innendurchmesser des Außenleiters und der Dielektrizitätskonstanten des Mediums zwischen Innen- und Außenleiter bestimmt ist, ist Anpassung der Vorrichtung besonders einfach.

20 Bevorzugt ist der Generator zur Erzeugung der elektromagnetischen Welle ein Magnetron und somit kann eine Mikrowellenanregung erfolgen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt den Vorteil, daß der
25 Außenleiter und/oder der Innenleiter aus Metall, bevorzugt aus Aluminium gefertigt werden können. Die Verwendung von Metall in der Plasmazone ermöglicht auf einfache Weise den Einsatz reduzierender Gase, wie beispielsweise Wasserstoff.

30 Bei Prozeßgasen, die das verwendete Metall angreifen, ist es bevorzugt, wenn ein durch Oxid bzw. durch Quarz beschichtetes Metall oder metallisierte Oxid- bzw. Quarzrohre verwendet werden.

35 Weiterhin besitzt die erfindungsgemäße Vorrichtung den Vorteil, daß der Innenleiter und/oder der Außenleiter des Koaxialleiters gekühlt werden können. Insbesondere ist es bevor-

zugt, wenn der Innenleiter und/oder der Außenleiter des Koaxialleiters durch eine Wasserkühlung gekühlt werden. Durch die Kühlung können die vom Plasma berührten Wände auf kontrolliert niedriger Temperatur gehalten werden. Dadurch wird
5 zum einen der Materialverschleiß der Bauteile und die daraus resultierende Kontamination und Partikelbelastung deutlich vermindert. Zum anderen wird die reduzierende Wirkung von reduzierenden Gasen an den vom Plasma berührten Wänden wesentlich verringert.

10

Weiterhin ist bevorzugt, wenn die elektromagnetische Welle über einen Impedanzwandler in den Koaxialleiter geführt wird. Der Generator der elektromagnetischen Welle muß somit nicht selbst auf den Koaxialleiter angepaßt sein, wodurch eine größere Auswahl an Generatoren zur Verfügung steht. Der Impedanzwandler kann beispielsweise einen Hohlleiter und Impedanzwandlerkegel umfassen.
15

20

Darüber hinaus ist es insbesondere bevorzugt, wenn an der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Magnetsystem vorgesehen ist. Durch die Verwendung eines Magnetsystem sind Prozeßdrücke von unter einem 1 Pa möglich. Bevorzugt umfaßt das Magnetsystem eine oder mehrere Magnetfeldspulen sowie Magnetringe an der Außenseite des Außenleiters. Dabei können die Magnetringe
25 auch durch Polschuhringe ersetzt werden. Weiterhin sind bevorzugt im Innenleiter Stabpolschuhe oder Stabmagnete vorgesehen, welche zur lokalen Feldverstärkung und Korrektur des Feldverlaufs eingesetzt werden können.

30

Weiterhin ist es möglich, daß zwischen dem Generator für die elektromagnetische Welle oder dem Impedanzwandler und der Plasmazone ein Transportbereich vorgesehen ist, in dem die elektromagnetische Welle im wesentlichen verlustfrei transportiert wird. Durch die Verwendung eines Transportbereichs
35 erhält man bei dem Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zusätzlichen Spielraum. Der Generator für die elektromagnetische Welle und die Plasmazone müssen nicht mehr direkt be-

nachbart angeordnet werden, sondern können unabhängig voneinander räumlich getrennt plaziert werden. Dabei ist es insbesondere bevorzugt, wenn der Transportbereich als Koaxialleiter ausgebildet ist.

5

Weiterhin ist es bevorzugt, wenn ein Sensorsystem zur Überwachung des Plasmas in der Plasmazone vorgesehen ist. Sollte es beispielsweise zu einem Fehler bei Zünden des Plasma kommen, kann dies durch das Sensorsystem festgestellt und der Generator abgeschaltet werden. Eine Schädigung des Generators durch reflektierte Welle kann somit verhindert werden.

10

Die Erfindung wird nun anhand der Figuren der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

15

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

20

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

25

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung angeregter Teilchen nach dem Stand der Technik.

30

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dabei ist mit dem Bezugszeichen 11 ein Generator zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle bezeichnet. Bei dieser Ausführungsform ist der Generator 11 ein Magnetron, das Mikrowellen erzeugt. Über einen Einkoppelstift 13 wird die Mikrowelle in einen Hohlleiter 12 einkoppelt. In der Nähe des dem Einkoppelstift 13 gegenüberliegenden Endes des Hohlleiters 12 ist ein Impedanzwandlerkegel 15 angeordnet, der dazu dient, die Mikrowel-

35

le in einen Koaxialleiter 30 zu führen. Der Hohlleiter 12 und der Impedanzwandlerkegel 15 wirken somit wie ein Impedanzwandler, wodurch die Mikrowelle möglichst ohne Reflexionen in den Koaxialleiter 30 geleitet werden kann.

5

Der Koaxialleiter 30 umfaßt dabei den Außenleiter 18 und den Innenleiter 19, zwischen denen sich im Innenraum 31 des Koaxialleiters 30 die Plasmazone 20 ausbildet. Über einen Einlaß 17 werden die Prozeßgase in den Innenraum 31 des Koaxialleiters 30 geführt. Um zu verhindern, daß Prozeßgase in den Hohlleiter 12 gelangen, ist eine Abdichtung 16 vorgesehen, die den Hohlleiter 12 gegen den Innenraum 31 trennt. Die Länge der Plasmazone 20 und damit die Plasmadichte wird dabei durch die Länge des Innenleiters 19 bestimmt.

15

Damit die Länge der Plasmazone 20 und damit die Dichte des Plasmas 25 unterschiedlichen Anforderungen angepaßt werden kann, ist der Innenleiter 19 verschiebbar angeordnet. Die Impedanz des Koaxialleiters 30 ist durch den Außendurchmesser des Innenleiters 19, den Innendurchmesser des Außenleiters 18 und der Dielektrizitätskonstanten des Mediums zwischen Innen- und Außenleiter bestimmt. Da die Impedanz des Koaxialleiters 30 nicht von der Länge des Innenleiters 19 abhängt, kann die Länge der Plasmazone 20 verändert werden, ohne daß sich die Impedanz des Koaxialleiters 30 verändert.

25

In der Plasmazone 20 kommt es aufgrund der Wechselwirkung der Prozeßgase mit der Mikrowelle zu einer Plasmaentladung, wodurch angeregte und/oder ionisierte Teilchen entstehen. Nach dem Verlassen der Plasmazone 20 werden die angeregten und/oder ionisierten Teilchen über einen Auslaß 32 zu einer Reaktionskammer (nicht gezeigt) geführt, in der die angeregten und oder ionisierten Teilchen für weitere Reaktionen genutzt werden.

30

35

Je nach Anwendungszweck kann die erfindungsgemäße Vorrichtung so ausgelegt werden, daß beispielsweise im wesentlichen nur angeregte Teilchen und keine ionisierten die Plasmazone 20 verlassen. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die angeregten Teilchen für Ätz- und Abscheideprozeße verwendet werden. Eine Belastung der zu behandelnden Substrate durch ionisierte Teilchen kann somit vermieden werden.

Der Außenleiter 18 und der Innenleiter 19 können aus Metall, bevorzugt aus Aluminium gefertigt werden. Die Verwendung von Metall in der Plasmazone ermöglicht auf einfache Weise den Einsatz reduzierender Gase, wie beispielsweise Wasserstoff.

Bei Prozeßgasen, die das verwendete Metall angreifen, ist es bevorzugt, wenn ein durch Oxid bzw. durch Quarz beschichtetes Metall oder metallisierte Oxid bzw. Quarzrohre verwendet werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt den Vorteil, daß der Koaxialleiter 30 mit Wasser gekühlt werden kann. Dazu ist in dem Impedanzwandlerkegel 15 ein Wassereinlaß 14 für den Innenleiter 19 vorgesehen. Der Außenleiter 18 ist ebenfalls wassergekühlt. Wasserkühlung ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung einsetzbar, weil das Wasser in keinem Fall der Mikrowellenenergie ausgesetzt wird, obwohl es parallel zur Plasmazone 20 fließt. Durch die Wasserkühlung können die vom Plasma 25 berührten Wände auf kontrolliert niedriger Temperatur gehalten werden. Dadurch wird zum einen der Materialverschleiß der Bauteile und die daraus resultierende Kontamination und Partikelbelastung deutlich vermindert. Zum anderen wird die reduzierende Wirkung von reduzierenden Gasen an den vom Plasma berührten Wänden wesentlich verringert. Gleichzeitig wird die Generierung der angeregten und/oder ionisierten Teilchen verbessert.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dabei sind

gleiche Bestandteile mit gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1
versehen.

5 Zur Erweiterung des Anwendungsbereichs der erfindungsgemäßen
Vorrichtung ist bei in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform ein
Magnetsystem 40 vorgesehen. Das Magnetsystem 40 umfaßt eine
Magnetfeldspule 42 und Magnetringe 43 an der Außenseite des
Außenleiters 18 in Höhe der Plasmazone 20. Dabei können die
Magnetringe 43 auch durch Polschuhringe ersetzt werden. Wei-
10 terhin sind im Innenleiter 19 Stabpolschuhe oder Stabmagnete
44 vorgesehen, welche zur lokalen Feldverstärkung und Korrek-
tur des Feldverlaufs eingesetzt werden können.

15 Diese Maßnahmen erlauben Prozeßdrücke unter 1 Pa. Die Kombi-
nation von Magnetspule und Festmagnet, verringert den Ener-
giebedarf des Magnetsystems und erhöht gleichzeitig den Wir-
kungsgrad.

20 Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer dritten Aus-
führungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dabei sind
wiederum gleiche Bestandteile mit gleichen Bezugszeichen wie
in Fig. 1 versehen.

25 Die in Fig.3 gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen
Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem
Hohlleiter 12 und der Plasmazone 20 ein zusätzlicher Trans-
portbereich 50 vorgesehen ist, der die Mikrowelle von dem
Hohlleiter 12 zu der Plasmazone 20 leitet. Dabei ist der
Transportbereich 50 ebenfalls als Koaxialleiter ausgebildet.

30

Durch die Verwendung eines Transportbereichs 50 erhält man
bei dem Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zusätzli-
chen Spielraum. Der Generator 11 der elektromagnetische Welle
und die Plasmazone 20 können nun räumlich voneinander ge-
35 trennt angeordnet werden, wenn dies durch die Gegebenheiten

bei der Anwendung von Vorteil ist. Da die Mikrowelle mit einem Koaxialleiter nahezu verlustfrei geführt werden kann, wird der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Vorrichtung durch diese Maßnahme nicht verändert.

5

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt einen hohen Wirkungsgrad und kann daher eine große Menge an angeregten/ionisierten Teilchen zur Verfügung stellen. Als Anwendungsbeispiel soll dazu die Ätzung einer Siliziumoberfläche mit angeregten Fluoratomen dienen. Bei einem Druck von 100 Pa werden NF_3 - Moleküle mit einem Fluß von 200 sccm in eine erfindungsgemäße Vorrichtung geleitet. Durch die Plasmaentladung in der Plasmazone 20 entstehen angeregte Fluoratome F^* , die auf eine Siliziumoberfläche geführt werden. Auf der Siliziumoberfläche kommt es zu einer Reaktion der Siliziumatome mit den angeregten Fluoratomen, so daß flüchtiges SiF_4 entsteht. Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung läßt sich eine Ätzrate von etwa 5 $\mu\text{m}/\text{min}$ erzielen. Aus dieser Ätzrate kann man schließen, daß die in den NF_3 - Molekülen vorhandenen Fluoratome zu mehr als 80% zur Erzeugung von freien, angeregten Fluoratomen gebutzt werden.

10

15

20

1. Vorrichtung zur Erzeugung angeregter und/oder ionisierter Teilchen in einem Plasma mit einem Generator (11) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle und zumindest einer Plasmazone (20), in der die angeregten und/oder ionisierten Teilchen durch die elektromagnetische Welle gebildet werden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Plasmazone (20) im Innenraum (31) eines Koaxialleiters (30) für die elektromagnetische Welle ausgebildet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Generator (11) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle ein Magnetron ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Innenleiter (19) des Koaxialleiters (30) aus Metall, aus mit Oxid oder Quarz beschichtetem Metall oder aus metallisiertem Oxid oder Quarz gefertigt ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Außenleiter (18) des Koaxialleiters (30) aus Metall, aus mit Oxid oder Quarz beschichtetem Metall oder aus metallisiertem Oxid oder Quarz gefertigt ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Innenleiter (19) und/oder der Außenleiter (18) des Koaxialleiters (30) durch eine Kühlung, insbesondere durch eine Wasserkühlung, gekühlt werden.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

die elektromagnetische Welle über einen Impedanzwandler (12, 15) in den Koaxialleiter (30) geführt wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,

5 dadurch gekennzeichnet, daß
der Impedanzwandler (12, 15) einen Hohlleiter (12) und Impedanzwandlerkegel (15) umfaßt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

10 dadurch gekennzeichnet, daß
die Länge der Plasmazone (20) veränderbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

15 dadurch gekennzeichnet, daß
ein Magnetsystem (40) vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

20 dadurch gekennzeichnet, daß
das Magnetsystem (40) zumindest eine Magnetfeldspule (42) an
der Außenseite des Außenleiters (18) umfaßt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,

25 dadurch gekennzeichnet, daß
das Magnetsystem (40) Magnetringe (43) und/oder Polschuhringe
an der Außenseite des Außenleiters (18) umfaßt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

30 dadurch gekennzeichnet, daß
das Magnetsystem (40) Stabpolschuhe oder Stabmagnete (44) im
Innenleiter (19) umfaßt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

35 dadurch gekennzeichnet, daß
zwischen dem Generator (11) für die elektromagnetische Welle
oder dem Impedanzwandler (12, 15) und der Plasmazone (20) ein
Transportbereich (50) vorgesehen ist, in dem die elektroma-

Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung zur Erzeugung angeregter und/oder ionisierter Teilchen in einem Plasma mit einem
5 Generator (11) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle und zumindest einer Plasmazone (20), in der die angeregten und/oder ionisierten Teilchen durch die elektromagnetische Welle gebildet werden, bereitgestellt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmazone
10 (20) im Innenraum (31) eines Koaxialleiters (30) für die elektromagnetische Welle ausgebildet ist.

FIG. 1

15

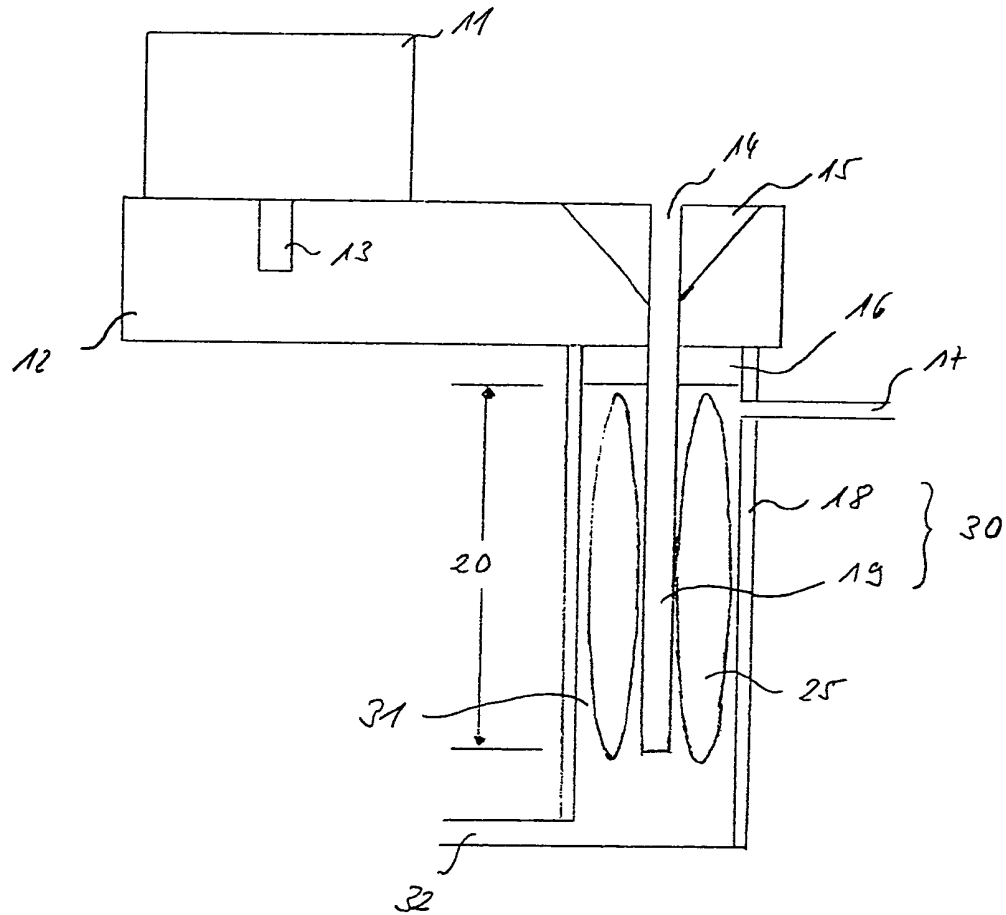
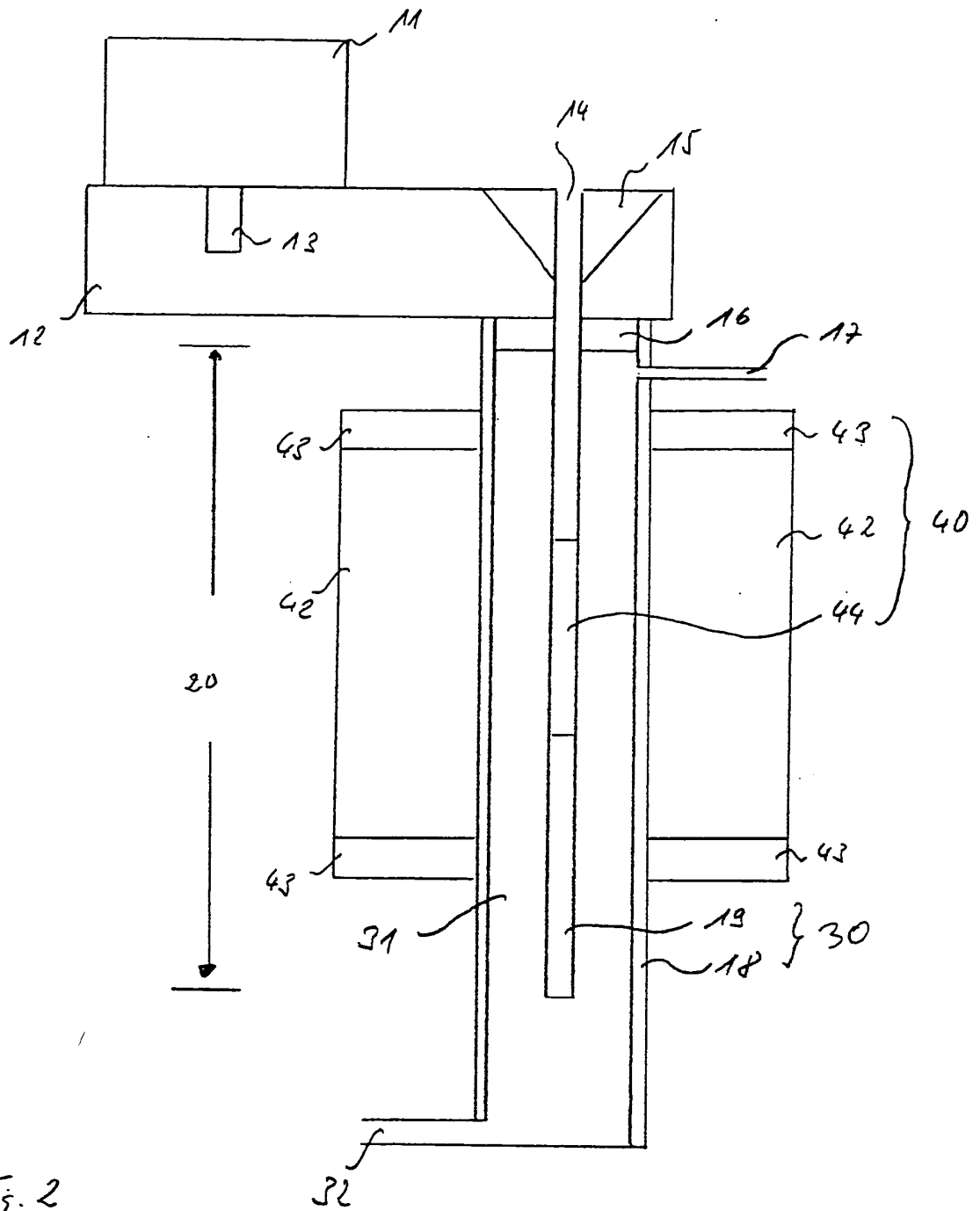


Fig. 1



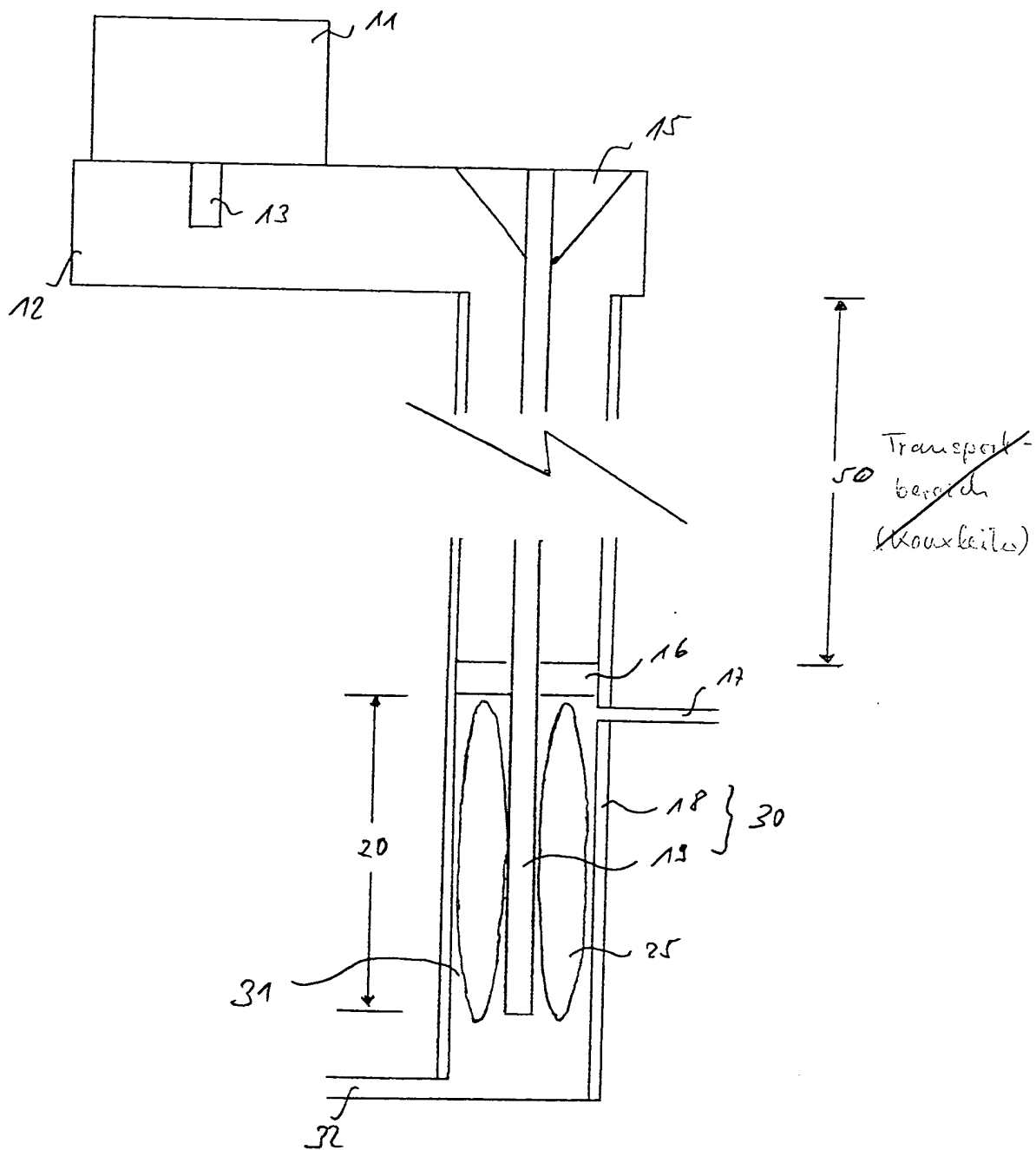


Fig. 3

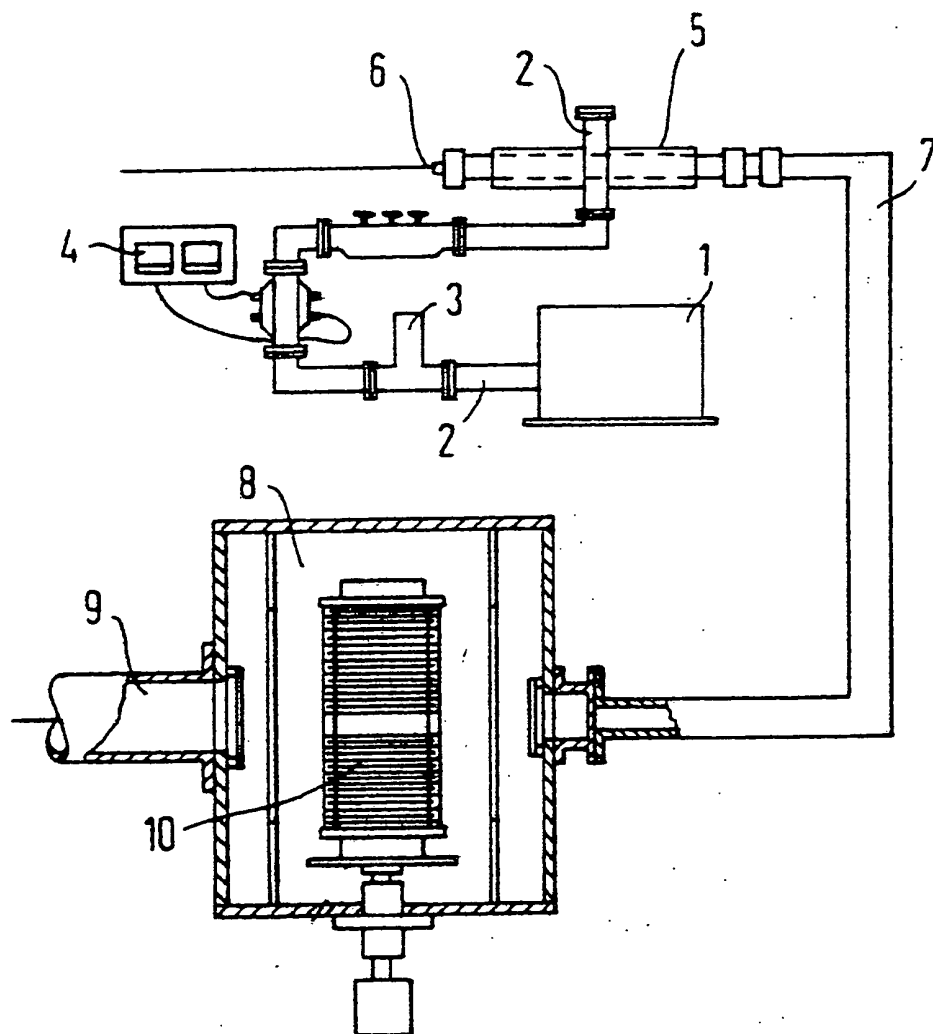


Fig. 4.



Creation date: 13-08-2003

Indexing Officer: TGEBRYESUS - TSIGEREDA GEBRYESUS

Team: OIPEBackFileIndexing

Dossier: 09625200

Legal Date: 29-10-2002

No.	Doccode	Number of pages
1	SRNT	2

Total number of pages: 2

Remarks:

Order of re-scan issued on